

Nyersfoszfáttartalmú szuperfoszfátok

A foszforműtrágyák gyártárához szükséges alapanyaggal nem rendelkező országok számára fontos, hogy a mezőgazdaság e fontos tápelem iránti igényét olcsón, ill. a lehetőségekhez mérten kedvező áron elégítsük ki. Az elhúzódo energiaválság, valamint a környezetünkben lejátszódó negatív változások /a talajok savanyodása/ miatt a világ számos pontján a nyersfoszfátokkal történő foszfortrágyázás kérdései ismét napirendre kerültek.

Amíg a század elején e lehetőség tanulmányozása a viszonylag fejletlen műtrágyaipar miatt vált szükségessé, most ezt olyan tudományos eredmények birtokában tehetjük, mint a P-vegyületek átalakulásának ismerete különböző talajokban, valamint a növényi tápanyagfelvételt meghatározó tényezők. Napjainkban az egységnyi műtrágya-hatóanyagra jutó szállítási költségek nagyon magasak, ezért lényeges, hogy minél koncentráltabb termékeket használjunk. A foszfor vonatkozásában az elemkoncentráció egyik lehetséges útja a koncentrált /kettős, hármas/ szuperfoszfát gyártása.

Az irodalmi adatok szerint a kettős és hármas, valamint az egyszerű szuperfoszfát összehasonlító agrokémiai értékelését több mint 40 éve kezdték /KARAKKER et al., 1941/ /1. táblázat/.

1. táblázat

Tenyészedény- és szántóföldi kísérletek különböző P-műtrágyákkal
/KARAKKER, 1941/

Egyszerű szuperfoszfát /SSP/ = 100 %

P-forma		P-hatás	
		Tenyész- edény- kísérlet	Szabadföldi kísérlet
			Savanyú talaj
			Meszes talaj
Triple szuperfoszfát /TSP/	94	97	102,6
Dikalcium-foszfát /DCPD/	101	100	100,0
Tri-kalcium-foszfát /TCP/	77	95	79,3
Foszforitliszt	11	71	31,0

Az 1. táblázat adatai szerint a két szuperfoszfát forma különbsége nem lényeges, ugyanakkor a DCPD - mint citrátoldható P-műtrágya - a termésre gyakorolt hatásban azonos a szuperfoszfátokkal. 1950-ig a Szovjetúnióban csernozjom talajokon több kísérletben megállapították, hogy a két műtrágya-forma /SSP és TSP/ hatása között nincs különbség /MAMCSENKOV et al., 1964/.

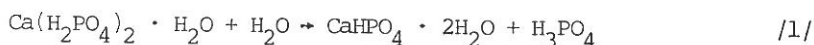
A környezet savanyodását természetesen nem lehet a mezőgazdaság műtrágya-felhasználásának rovására írni, de nem lehet figyelmen kívül hagyni a mezőgazdasági tevékenységből fakadó talajsavanyodást növelő tevékenységet sem /PEICHL, 1986/. A műtrágyafajták megfelelő kiválasztásával csökkenthető a savanyító hatás.

A műtrágyahasználatban változtatást sürgetnek az alábbi jól mérhető tényezők:

- a kalcium és magnézium-kimosódás fokozódása a talajokból;
- a humuszanyagok degradálódása;
- a talajszerkezet romlása;
- a káros nehézfémek mennyiségének növekedése a növényekben.

A műtrágyák savanyító hatásának csökkentése - megőrizve azok tápanyag-értékét és hatását - fontos népgazdasági érdek. Nagyrészt rajtunk múlik, hogy a talajokban keletkezett energiát hogyan tudjuk a hasznunkra fordítani. Véleményünk szerint egyik lehetőség erre a szuperfoszfát dúsítása foszforitliszttel. Ez kettős célt szolgál: egyrészt növeljük a műtrágya P-koncentrációját, másrészt a foszforitliszt feltárására felhasználjuk a talajok és a szuperfoszfát aktív H-ion-koncentrációját is.

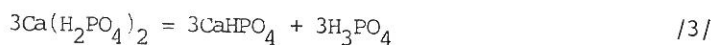
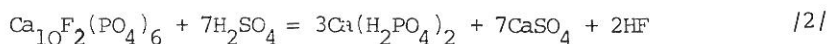
Jól ismert, hogy az egyszerű szuperfoszfát általában 3-5 %, a kettős és a hármas szuperfoszfát is közel hasonló mennyiségű szabad savtartalommal rendelkezik. A talajok felgyorsult savanyodási folyamatainak ismeretében ez nem kedvező egyik műtrágyaféleség szempontjából sem. Mindkét műtrágyának ugyanis csak talajsavanyodást fokozó tulajdonsága a monokalcium-foszfát /MCPM/ hidrolizise, amely a közismert egyenlettel szemléltethető:



Ennek ismeretében könnyen belátható, hogy a nagyobb MCPM-koncentráció következtében a TSP esetében magasabb H-ion-koncentrációval kell számolnunk.

Az egyszerű szuperfoszfát savanyúságát csökkentő eljárások közül - mely-nél a termék fizikai tulajdonsága is javul - a szuperfoszfát ammonizálása ismert eljárás. A talajokban uralkodó mikrobiológiai folyamatok /nitrifikáció/ nyomán a talajokban a salétromsav is megjelenik a kénsav és foszforsav mellett.

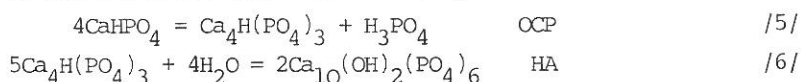
Az 1. táblázatból láthattuk, hogy a DCPD a szuperfoszfáttal és TSP-vel is azonos hatású. Célszerű tehát olyan eljárást alkalmazni a szuperfoszfát minőségének javítására, hogy a termékben az apatit nagyrészt DCPD-vé alakuljon. A megközelítés alapjául a következő egyenlet sor tekinthető:



Ezzel csupán arra szerettünk volna utalni, hogy a forgalomban lévő szuperfoszfát-hatóanyagoknak egyrészt milyen savanyító hatásával számolhatunk, másrészt arra, hogy milyen lehetőségünk van az MCPM e tulajdonságát hasznunkra fordítani.

Az MCPM átalakulása különböző kémhatású talajokon gyorsan végbemegy. Ahogy ezt saját kutatásaink is bizonyítják /PÉTERFALVI, 1980, 1986/ az átalakulástermékek zöme dikalcium-foszfát /DCPD/ vagy dimagnézium-foszfát /DMgP/ jellegű vegyület. A keletkezett P-termékek azonban bázikus és savanyú kémhatású talajokban is nagyon változó minőségűek és szerkezetűek, ebből adódóan változó tápanyagértékkel rendelkeznek.

A talaj kémhatásától függetlenül, még Ca^{2+} -túlsúly mellett is, elsődlegesen amorf Fe- és Al-P-képződmények alakulnak ki a szuperfoszfát granulátum mellett. Ennek oka, hogy az MCPM telített oldatának pH-ja közel 1,48. Bázikus körülmények között a DCPD transzformációját figyelhetjük meg oktakalcium-foszfát /OCP/ és hidroxipatit /HA/ kialakulása nyomán:



Savanyú kémhatású talajokon a MCPM hatására különböző szerkezetű Al-P és Fe-P-vegyületek sora alakul ki. Szerkezetük nagyon változó, az FePO_4 és AlPO_4 amorf módosulatain keresztül a bonyolult $\text{H}_8(\text{K,H})(\text{Fe,Al})_3(\text{PO}_4)_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, és $\text{H}_6(\text{NH}_4,\text{K})_3 \text{Al}_5(\text{PO}_4)_8 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ kristályos vegyületekig /PÉTERFALVI, 1986/.

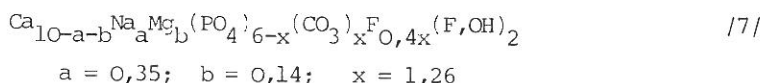
A folyamatok a kísérő más kationok, azok tömegének, valamint a szerves anyag mennyiségének és minőségének hatására sokkal bonyolultabbak. Ezen a helyen erre nem kívánunk kitérni.

A cél tehát olyan P-műtrágya alkalmazása, amelynél az átalakulástermékek DCPD-jellegűek és a lehetőséghez képest e formát huzamosabb ideig tudjuk P-forrásként hasznosítani. A skandináv államokban az 1950-es években már használták az ún. Kotka-foszfátot, amelyet a foszforitliszt részleges kénsavas feltárásával állítottak elő, s az évi termelés a 100 000 tonnát meghaladta. Alapvetően savanyú kémhatású talajokra javasolták /NORDEGREN, 1957/. A termék 26 % össz-foszfort tartalmazott, amelyből a vízzoldható P 13-15 %-ot tett ki, míg a citrátoldható P_2O_5 -tartalom 20 % volt. Már NORDEGREN /1957/ javasolja, hogy érdemes lenne az MCPM hidrolízisét a foszforitliszt további bontásához felhasználni. Ez a folyamat a talajban játszódik le és nem a gyártás alatt. A műtrágya vízzoldható P-tartalmának kell a növények gyors aktuális P-szükségletét kielégíteni a fejlődés és növekedés kezdeti stádiumában, ugyanakkor a keletkezett foszforsav hatására a műtrágya foszforitliszt része növénytáplálkozási szempontokból kedvezően alakul át. Ez utóbbi folyamatokban már részt vesznek a talajban található különbözőképpen kötött hidrogénionok is, így a megnövelt pufferkapacitás nyomán részben biztosított a talaj kémhatásának viszonylagos stabilitása.

A kiegészítésre alkalmazható foszforitlisztek minősége azonban jelentősen meghatározhatja a keletkezett termékek agronómiai értékét. VOGEL és MATZEL /1987/ kísérleteiben a Tribofosz hatása nem jobb, mint komponensei hatásának összege. CHIEN és munkatársai /1987/ megállapítják, hogy az észak-karolinai foszforit és TSP 50:50 arányban a TSP-vel azonos hatékonyságú lehet meszes talajon is. Az irodalomban fellelhető ellentmondások az alkalmazott foszforitlisztek eltérő kémiai tulajdonságaival magyarázhatók. Célunk, hogy olyan formában juttassuk a foszfátot a talajba, hogy a növények optimális termésének elérését elősegítse. A foszforitliszt alkalmazásáról számos adat áll rendelkezésünkre, sokan foglalkoztak ezzel a kérdéssel, alapvetően, mint közvetlen foszforforrással. Az összehasonlító kísérletek azt bizonyítják, hogy a szuperfoszfát a foszforitlisztek hatékonyságát a legtöbb esetben felülmúlta, azonban a foszforitlisztek utóhatása a szuperfoszfát utóhatását is meghaladták - különösen savanyú talajokon - /COOKE és WIDDOWSON, 1959; MATTINGLY és WIDDOWSON, 1963/. NORTHOLT /1979/ becslése alapján a világon található foszfor-nyersanyagok, ásványok mennyisége kb. 200 milliárd tonna. Ennek megoszlása:

1. Primér P-ásványok: 30 milliárd tonna /15 %/;
 2. Szekunder ásványok: 170 milliárd tonna /85 %/;
- ebből:
- a/ karbonátos szekunder ásványok: 127,5 milliárd tonna,
 - b/ egyéb P-forrás: 42,5 milliárd tonna.

A felsorolásból kitűnik, hogy az üledékes típusú foszfátok közül alapvetően a karbonátos ásványok dominálnak. Mint metastabil vegyületek elméletileg közvetlen trágyázásra is használhatók. Ezeket az ásványokat általában a fluorapatit sorral lehet jellemezni /LEHR, 1967; LEHR és MC CLELLAN, 1972/:



A nyersfoszfátok agronómiai hatékonyságának jellemzésére LEHR és MC CLELLAN /1967, 1972/ javaslatára az abszolút citrátoldhatóságot /ACS = absolute citrate soluble/ is alkalmazhatjuk:

$$\text{ACS} = \frac{\text{neutrális ammónium-citrát-oldhatóság} \text{ /\%-ban/}}{\text{összes P-tartalom} \text{ /\%-ban/}} \quad /8/$$

Célszerűbbnek látjuk azonban az egyes P-termékek agronómiai hatásának eldöntésére a tenyészedény- és kisparcellás kísérletek eredményeit figyelembe venni.

Kis vízzoldható foszfortartalmú műtrágyák összehasonlító vizsgálata

A bevezetőben említettük, hogy a különböző foszforitlisztek agronómiai hatásának vizsgálatára sok adat áll rendelkezésünkre. Ezeket az eredményeket alapvetően podzolos talajokon történt alkalmazáskor kapták a szovjet szerzők /MAMSENKOV et al., 1964/. Munkásságuk alapján megállapítható, hogy a foszforitlisztek hatékonysága a talajok kémhatásán kívül az őrlés minőségétől is függ.

COOKE /1956/ Angliában tenyészedény-kísérletekben és szántóföldi körülmények között különböző lelőhelyekről származó foszforitlisztek tanulmányozott és megállapította, hogy közvetlen alkalmazásra a tunéziai őrlt nyersfoszfát a legjobb. Adatai azt is bizonyítják, hogy az észak-afrikai őrlt nyersfoszfátok hatékonysága a szuperfoszfát hatékonyságának csak 60 %-a.

A szerző a foszforitlisztek hatékonyságát szuperfoszfáthoz való keverésükkel javította. A keletkezett teméket nem granulálta, egyszerű keverék formájában alkalmazta. Megjegyzé, hogy a termék kémiai mutatói javultak, ha "érett" szuperfoszfátot alkalmazott. Agronómiai hatásukat tekintve utóhatásukban a szuperfoszfát hatását is meghaladó eredményekről számol be. Az 1950-es években Európa számos országában megvizsgálták a különböző oldhatóságú P-műtrágyák alkalmazhatóságát, s megállapították, hogy a DCPD-típusú műtrágyák a szuperfoszfát hatásával többé-kevésbé megegyeznek.

COOKE /1956/ arra a következtetésre jut, hogy semleges kémhatás mellett kétségkívül a szuperfoszfát hatása a legjobb. A szerző szerint a DCPD és nyersfoszfát típusú műtrágyák alkalmazásával a talajsavanyúság csökkenthető. COOKE /1956/ először a foszforitlisztek hatékonyságát szuperfoszfáthoz történő keverésükkel próbálta növelni. Mivel a terméket nem granulálta, az MCPM hidrolízise nem volt elég hatékony.

Hazánkban SARKADI /1960/ különböző foszforműtrágyákkal, köztük nyers-foszfáttal is, végzett kísérleteket. Hazai kutatások megállapítják több talaj vonatkozásában, hogy a nem teljesen vízzoldható P-műtrágyák a szuperfoszfát trágyahatásával elsősorban gyengén savanyú barna erdőtalajokon voltak azonosak. DEBRECZENI és DEBRECZENINÉ /1960a,b/ mikroparcellás szabadföldi kísérletekben tavaszi árpával vizsgálták a különböző szemcseméretű és oldhatóságú egyszerű és összetett műtrágyák érvényesülését. Megállapították, hogy a foszfort tartalmazó kis vízzoldhatóságú /10 %-nál kevesebb vízzoldható foszfort tartalmazó NIFOSZ kivételével/ műtrágyák jó hatékonyságúak. A poralakú DCPD hatása a szuperfoszfát hatásával megegyező volt.

4,5 pH /KCl/ értékű talajon PETERBURGSZKIJ és DEBRECZENI /1960/ zab jelzőnővénnel megállapították, hogy a különböző vízzoldhatóságú foszfort tartalmazó nitrofoszfák /5-100 % vízzoldhatóság/ a jelzőnővény foszforfelvételét azonos módon befolyásolta. A hazai gyártású kettős műtrágya /NIFOSZ/ 23 %-os vízzoldható P-tartalommal kedvezően hatott a növények termésére és P-felvételére. A vízzoldhatóság további növelése a termés további növekedését nem eredményezte /DEBRECZENINÉ, 1962/. DINCÚ /1961/ megfigyelte, hogy a részlegesen feltárt foszforitliszt csernozjom talajon jó hatékonyságú. MCLEAN /1956/ zab és lucerna jelzőnővénnel végzett tenyészedény-kísérleteiben a szuperfoszfát-foszforitliszt keveréke meghaladta a szuperfoszfát hatását savanyú kémhatású talajokon. MCLEAN és WHEELER /1964/ - különböző vízzoldhatóságú P-trágyák hatékonyságát vizsgálva - megállapították, hogy gyakorlati eredmények szempontjából a legjobb mutatókat a 20 %-ban feltárt foszforitliszt adta. E műtrágya hatékonysága megközelítette a granulált TSP hatékonyságát, ugyanakkor előállítására lényegesen gazdaságosabb volt.

WERNER /1969/ Rhenania-foszfát és nyersfoszfát hatékonyságát tanulmányozta. Megállapította, hogy 4,7-5,8 pH között a Rhenania-foszfát a jobb P-forrás, a két P-forma között a különbség a pH növekedésével növekszik, míg savanyú talajon a Rhenania-foszfát általában 30 %-kal, 6,3-7,3 pH-érték mellett 50 %-ot is meghaladóan jobb hatású, mint a vizsgált nyersfoszfát.

REICHARD /1969/ hiperfoszfát, Thomas-foszfát hatását vizsgálta különböző növénykultúrákban. Összehasonlításaként szuperfoszfátot használt. Megfigyelte, hogy alacsony pH /5,5/ értéknél a szuperfoszfát volt a legjobb hatású, csak zabnál tapasztalta a hiperfoszfát előnyét. Enyhén savanyú /pH 6,6/ és neutrális /7,3 pH-értéknél/ közegben a cukorrépa és tavaszi búza termésére gyakorolt hatásában a Thomas-foszfát meghaladta a szuperfoszfát hatékonyságát.

KICK és MINHAS /1972/ vöröshere és angolperje jelzőnővénnel tanulmányozta a nem vízzoldható P-formák közül a hiperfoszfát, Thomas-foszfát és Rhenania-foszfát termésre gyakorolt hatását. Alapul a szuperfoszfátot vették. Eredményeik alapján a Thomas-foszfát hatására kapták a legjobb eredményt, a hiperfoszfát hasznosulása volt a leggyengébb. TIMERMANN /1973/ félig feltárt szuperfoszfát /NOVAFOSZ/ hatását tanulmányozta, összehasonlítva szuperfoszfát-foszforitliszt keverékkel és azt tapasztalta, hogy a két termék hatásában azonos. Mindkét termék a foszforral jól ellátott talajon bizonyult a szuperfoszfát hatékonyságával közel azonosnak /2. táblázat/.

ATANASIU és munkatársai /1967/ bebizonyították, hogy gyengén bázikus körülmények között is a nem teljesen vízzoldható P-trágyák /NP-35 és NP-50, TVA termékek/ hatása azonos a szuperfoszfátéval. Kísérleteik alapján azt a következtetést vonják le, hogy a vegetációs periódus első felében általában a vízzoldható P-trágyák hatékonyabbak, a citrátoldható P-trágyák a vegetációs periódus második felében érvényesülnek jobban.

GORBUCSEV /1981/ kísérleteit a 70-es években végezte és azt a célt kívánta elérni, hogy a foszforitlisztek hatékonysága növekedjen. Kísérleteiben legjobbnak a 60:40 arányú TSP:nyersfoszfát bizonyult. Adatai szerint a ter-

2. táblázat

Részlegesen vízzoldható műtrágyáknak az egyszerű szuperfoszfáthoz /SSP/ viszonyított relatív hatékonysága tenyészedény-kísérletben foszforral jól ellátott talajokon /TIMMERMANN /1973/ nyomán/

/SSP/ = 100 %

P-formák	Közvetlen hatás		Utóhatás		Együttes hatás	
	Termés %	P-fel- vétel	Termés %	P-fel- vétel	Termés %	P-fel- vétel
Kontroll	89	72	86	73	88	72
NOVAFOSZ /41 % vízzoldhatóságú/	95	85	104	93	99	88
Szuperfoszfát-foszforitliszt /keverék/ /41 % vízzoldhatóságú/	98	84	95	93	96	88
KAROLAN-foszfát /23 % vízzoldhatóságú/	94	81	101	93	97	86
Szuperfoszfát-foszforitliszt /keverék/ /23% vízzoldhatóságú/	93	81	102	99	97	88
Észak-karolinai foszforit	87	69	102	97	93	81
Szuperfoszfát /kétszeres adag/	103	132	104	100	104	118
NOVAFOSZ /kétszeres adag/	98	100	104	108	101	103
KAROLAN-foszfát /kétszeres adag/	98	95	113	103	103	98

mék a TSP hatásával azonos csomószám talajokon is. A szerző a kísérletekben kapott eredményeket az MCTM hidrolízise nyomán keletkezett, növény táplálkozási szempontból jobb minőségű átalakulástermékek kialakulásával magyarázza. Mivel az MCTM hidrolízise a foszforitliszt további bontását szolgálja, nem keletkeznek olyan Al- és Fe-foszfátok, amelyek csökkentik a növények P-felvételét. Kísérletei alapján Bulgáriában a terméket évente több, mint 100 000 tonna mennyiségben gyártják és a mezőgazdaságban alkalmazzák.

A KGST-országokban az azonos elveken beállított és elvégzett kísérletekben megállapítottuk, hogy a vízzoldható foszfort tartalmazó műtrágyák a termés nagyságára azonos módon hatnak. A nem vízzoldható részt tartalmazó P-trágyák /Tribofosz /NDK/, Demetra /CsSZR/ és szuperfoszfát foszforitliszt /BNK/ is közel azonos termések elérésére adtak lehetőséget /3. táblázat/ /KORENKOV et al., 1980/.

1983 óta szuperfosz néven TSP-hez keverve, különböző szovjet lelőhelyekről származó foszforitokkal végeznek kísérleteket /LITVINOV, 1986/. Eredményeik azt mutatják, hogy gyepek, mezőn rozs és árpa jelzőnövényekkel vizsgálva a TSP hatásával azonos mértékű terméshozadékot tapasztaltak. A szerző felhívja a figyelmet, hogy a szuperfoszfát, ill. foszforsav gyártására közvetlenül nem alkalmas foszforitlisztet célszerű TSP-vel együtt granulálni és felhasználni.

Az 1950-es évektől a folyamatos kísérletsorozatok /COOKE, 1956; PÉTERFALVI, 1980/ fontos felismerése, hogy DTPD típusú műtrágyák termésre gyako-

A P-nutráció hatása a vizsgált mezőgazdasági kultúrák termésére és a kivont NPK mennyiségére /a KGST országok átlagában/ /KORENKOV et al., 1980/

NPK = 100 %

Termés és ki-vont tápelem	Kont- roll	NK	Nitro- ammo- foszka	Karbo- ammo- foszka	Ammo- fosz /MAP/	Hiper- fosz- fát	Szuper- fosz- foszfo- ritliszt	Amm.- poli- foszfát /szilárd/	Demetra /11:11:11/	Poli- foszka old.	MAP old.	Amm.- poli- foszfát /old./	Tribo- fosz
Őszi búza /BNK, MNK, NDK, LNK, RSZK, SzU, CSSZK/													
Termés	70	90	99	102	101	94	100	99	98	99	99	102	100
Kivont N	63	87	97	99	97	79	101	101	100	98	95	97	100
Kivont P	70	87	98	101	98	90	98	95	99	101	100	98	102
Kivont K	67	90	98	105	94	91	103	97	99	102	96	100	94
Burgonya /NDK, Kuba, LNK, SzU, CSSZK/													
Termés	68	82	104	102	108	89	100	107	94	96	96	106	96
Kivont N	68	90	103	102	110	91	99	114	92	96	98	112	98
Kivont P	68	83	100	102	83	95	95	108	96	101	84	110	103
Kivont K	73	84	103	96	104	88	96	106	93	96	94	107	95
Kukorica /BNK, MNK, RSZK, CSSZK/													
Termés	72	93	92	92	95	99	102	104	98	102	104	106	101
Kivont N	70	94	94	89	100	98	105	110	96	105	110	107	100
Kivont P	68	94	100	99	96	90	98	101	92	97	115	106	98
Kivont K	74	90	87	98	94	94	105	114	99	94	107	110	105
Tavaszi búza tenyészedény-kísérlet /BNK, MNK, NDK, MONK, LNK, RSZK, SzU, CSSZK/													
Termés	30	58	-	-	-	67	98	102	96	100	90	101	93
Kivont N	117	66	-	-	-	74	98	102	102	102	96	101	93
Kivont P	24	53	-	-	-	57	90	105	87	103	100	107	91
Kivont K	21	35	-	-	-	73	101	106	110	108	105	104	100

rott több évi hatása még karbonátos talajokon is megegyezik a vízzoldható P-műtrágyák hatásával. Ugyanakkor az a tény is bizonyított, hogy a vízzoldható P-műtrágyák nagyrészt gyorsan DCPD-típusú vegyületekké alakulnak. Az orto- és polifoszfátok transzformálódásának ismerete lehetővé teszi a nem vízzoldható részt is tartalmazó P-trágyák szélesebb körű alkalmazását. E foszfor-műtrágyák használatát indokolhatják:

- Az ismert talajsavanyodási folyamatok.
- A P-műtrágyákban a vízzoldhatóságnak csak az első évi hasznosulásban van előnye, több év hatását figyelembe véve jelentősége csökken, ezért a nyers-foszfáttartalmú szuperfoszfát sok esetben egyenértékű lehet a szuperfoszfáttal.
- A hazai gyártású szuperfoszfát tárolási és manipulációs nehézségei /főként hidegen granulálva/.
- Előzetes számítások, melyek a nem vízzoldható részt tartalmazó P-műtrágyák gazdaságosabb előállítására utalnak.

Összefoglalásként megállapítható:

1. A szuperfoszfát-foszforitliszt típusú műtrágyák a TSP-vel azonos agronómiai hatásúak lehetnek, alapvető alkalmazásuk gyengén savanyú és savanyú kémhatású talajokon javasolható.
2. A szuperfoszfát-gyártásra közvetlenül nem alkalmas karbonátos foszforitok felhasználhatók a fenti eljárással és jelentősen csökkenthetők a gyártási költségek.
3. A termék alkalmazásakor a szuperfoszfát szabad savtartalmát, valamint a hidrolízis nyomán keletkezett foszforsavat a műtrágya vízben nem oldható részének aktiválására használjuk. Ebben a folyamatban a talaj aktív H^+ -koncentrációja is szerephez jut, így a talajok savanyodása részben kompenzálható.
4. A szuperfoszfát-foszforitliszt alkalmazásával a növény táplálkozási szempontból kedvező DCPD struktúra a talajokban huzamosabb ideig biztosítható.
5. A foszforral gyengén ellátott talajok feltöltését célszerű a fenti P-műtrágyával végezni, megítélésünk szerint a káros ionantagonizmus csökkenthető.

Irodalom

- ATANASIU, N., WESTPHAL, A. and ZUOFA, K., 1987. The fertilization effect and residual effect of phosphates with differing solubilities on tropical and subtropical soils. Z. Acker- u. PflBau. 146. /4/ 266-302.
- CHIEN, S. H. et al., 1987. Effects of combinations of triple superphosphate and a reactive phosphate rock on yield and phosphorus uptake by corn. Soil Sci. Soc. Am. J. 51. 1656-1658.
- COOKE, G. W., 1956. The agricultural value of phosphate fertilizers which economise in the use of sulfuric acid. Rothamsted Experimental Station Project No. 162. European Productivity Agency of the Organization for European Economic Cooperation. Paris.
- COOKE, G. W., 1956. Field experiments on phosphate fertilizers. J. Agric. Sci. 48. 74-103.
- COOKE, G. W. and WIDDOWSON, F. V., 1959. Field experiments on phosphate fertilizers: a joint investigation. J. Agric. Sci. 53. 46-63.
- DEBRECZENI B. és DEBRECZENI B-NÉ, 1960a. Összehasonlító kísérletek különböző egyszerű és kombinált műtrágyákkal. Agrokémia és Talajtan. 9. 291-307.

- DEBRECZENI B. és DEBRECZENI B-NÉ, 1960b. Különböző szemcseméretű és oldhatóságú egyszerű és összetett műtrágyák érvényesülésének vizsgálata. II. Mikroparcellás szabadföldi kísérletek tavaszi árpával. *Agrokémia és Talajtan.* 9. 469-479.
- DEBRECZENI B-NÉ, 1962. A hazai kettős műtrágya /NIFOSZ/ hatékonyságának vizsgálata a foszfortartalmának oldhatóságától függően. *Agrokémia és Talajtan.* 11. 335-345.
- DINCU, I., 1961. A foszforitliszt hatékonyságának növelése kisadagú savas kezelések hatására. *Agrokémia és Talajtan.* 10. 285-293.
- GORBUCSEV, I., 1981. Regulirovanije foszfarnogo rezsima v osznovnüh pocsvah. *Bolgarii Izd. Kolosz.*
- KARRAKER, P. E. et al., 1941. Greenhouse tests of the availability of phosphorus in certain phosphate fertilizers. *Kentucky Agr. Exp. Sta. Bull.* 413.
- KICK, H. und MINHAS, R. S., 1972. Die Verfügbarkeit der durch langjährige Düngung im Boden angereicherten Phosphate. *Landw. Forschung.* 27/1. 184-191.
- KORENKOV, D., GRÜZLOV, V. i KAPCÜHEL, J., 1980. Új műtrágyatípusok és formák hatékonyságának vizsgálata a KGST-tagországokban. *Nemzetközi Mezőgazdasági Szemle.* 4. 25-28.
- LEHR, J. R. et al., 1967. Characterisation of apatites in commercial phosphate rocks. *Proc. Int. Colloq. Solid Inorg. Phosphates.* 12. 29-44.
- LEHR, J. R. and MC CLELLAN, G. H., 1972. A revised laboratory reactivity scale for evaluating phosphate rocks for direct application. *Bull. Y-43. TVA, M. S.*
- LITVINOV, V. Sz., 1986. Effektivnoszt szuperfosza na dernovo-podzolisztój pocsvé. *Himija v szelszkom hozjasztve.* 10. 24-25.
- MAMCSENKOV, I. P., POTASOV, A., I. i CSERNAVIN, A. Sz., 1969. *Szpravocsnik po udobrenijam.* Izd. Kolosz. Moszkva.
- MATTINGLY, G. E. G. and WIDDOWSON, F. V., 1963. Residual value of superphosphate and rock phosphate on an acid soil. I. Yields and phosphorus uptakes in the field. *J. Agric. Sci.* 60. 399-407.
- MCLEAN, E. O., 1956. Factors affecting yields and uptake of phosphorus by different crops: II. Rock phosphate and superphosphate, separate and in combination, under extended cropping. *Soil Sci.* 82. 181-192.
- MCLEAN, E. O. and WHEELER, R. W., 1964. Partially acidulated rock phosphate as a source of phosphorus to plants: I. Growth chamber studies. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 28. 545-550.
- NORDENGREN, S., 1957. New theories of phosphate reactions in the soil, their possible impact on methods of fertiliser manufacture. *J. Fertiliser and Feed Stuffs.* XLVII. /8/ 345-352.
- NORTHOLT, A. S. G., 1979. The economic geology and development of igneous phosphate deposits in Europe and in the USSR. *Econ. Geol.* 74. 339-350.
- PEICHL, R., 1986. A mezőgazdaságilag hasznosított talajok elsavanyodása. *Melioráció-öntözés és Tápanyaggazdálkodás.* /1/ 71-80.
- PETERBURGSKZKIJ, A. V. és DEBRECZENI B., 1960. Különböző szemcseméretű és vízdoldhatóságú egyszerű és összetett műtrágyák érvényesülésének vizsgálata. I. Tenyészedényes kísérletek radioaktív izotóppal /P³²/. *Agrokémia és Talajtan.* 9. 453-469.
- PÉTERFALVI A., 1980. Taranakitok kialakulása szuperfoszfát alkalmazása nyomán néhány talajtípuson. *Agrokémia és Talajtan.* 29. 427-440.
- PÉTERFALVI A., 1980b. P-műtrágya összehasonlító vizsgálata Ramann-féle barna erdőtalajon, kukorica és búza jelzőnövényekkel. *Növénytermelés.* 29. /1/ 73-90.

- PÉTERFALVI A., 1986. A foszforformák kialakulása néhány talajon. Egyetemi doktori disszertáció. Keszthely. KATE.
- REICHARDT, Th., 1969. Ein langjähriger Phosphatformenversuch. Z. Pflanzenernähr u. Bodenkd. 123. 22-32.
- SARKADI J., 1960. Kísérletek különféle foszfátműtrágyákkal. Növénytermelés. 9. /2/ 159-167.
- TIMMERMANN, F., 1973. Vergleichende Gefassdüngungsversuche zur Prüfung von teilaufgeschlossenen Phosphaten. Landwirtsch. Forsch. 26. 255-269.
- VOGEL, M. und MATZEL, W., 1987. Die Düngewirkung eines granulierten superphosphate-Rohphosphat-Gemisches. Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenkd. 6. 381-388.
- WERNER, W., 1969. Kennzeichnung des pflanzenverfügbaren Phosphats nach mehrjähriger Düngung mit verschiedenen-Phosphaten. Z. Pflanzenernähr. u. Bodenkd. 122. /1/ 19-23.

PÉTERFALVI ANDOR, DEBRECZENI BÉLA
és BÉSAN JÁNOSNÉ

Agrártudományi Egyetem, Keszthely és
Nehézvegyipari Kutató Intézet, Veszprém

Érkezett: 1988. április 12.